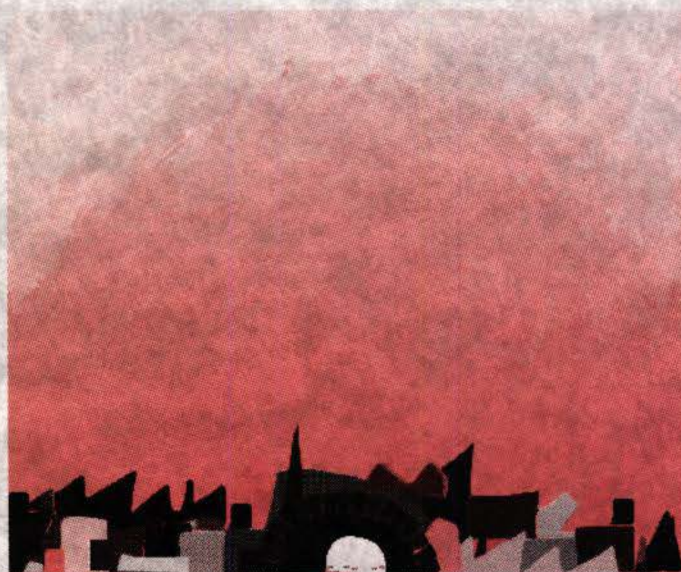
Slb·analys
Stockholms Luft- och Bulleranalys

RAPPORTER FRÅN SLB-ANALYS. NR 3:93

Katalytisk avgasrening — inverkan på utsläpp av N_2O



LUFTFÖRORENINGSMÄTNINGAR I KLARATUNNELN

MILJÖFÖRVALTNINGEN I STOCKHOLM

VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

Slb•analys
Stockholms Luft- och Bulleranalys

Katalytisk avgasrening - inverkan på utsläpp av N_2O



Luftföroreningsmätningar i Klaratunneln

Rapporten är sammanställd av Christer Johansson
Stockholms luft- och bulleranalys
Miljöförvaltningen
Box 38 024
100 64 Stockholm

Stockholm Maj 1993
Omslag: Ann-Christin Reybekiel

INNEHÅLL

Sammanfattning 1

Inledning 1

Mätplatsbeskrivning och mätmetoder 2

Resultat 3

Trafikflöden och halter i tunnelluften 3

Emissionskvoten N_2O/CO_2 4

Emissionen av N_2O från katalysatorförsedda fordon i Stockholms län 5

Påverkan på växthuseffekten 6

Inte bara N_2O och CO_2 som påverkar växthuseffekten 7

Litteraturreferenser 7

SAMMANFATTNING

I syfte att kartlägga trafikens inflytande på luftföroreningshalterna i Stockholm genomförs sedan 1991 årligen återkommande mätningar av luftföroreningar i Klaratunneln i centrala Stockholm. Mätningarna är avsedda att ligga till grund för bedömningar av effekterna på luftföroreningshalterna av nationella och kommunala åtgärder för att begränsa trafikens utsläpp. Under 1992 utökades mätprogrammet till att omfatta dikväveoxid (lustgas), metan och aldehyder. Dessa ämnen analyserades i samarbete med forskare från Max-Planck-Institutet i Mainz (Tyskland). Bakgrunden är att utsläppen av dikväveoxid befaras öka i framtiden till följd av högre utsläpp från fordon försedda med katalysator jämfört med icke-katalyserade fordon. Dikväveoxid (N_2O), som har ca 250 gånger kraftigare växthuseffekt jämfört med koldioxid, bidrar idag med ca 6% till den samlade växthuseffekten på jorden.

Mätningarna av N_2O i Klaratunneln visar en tydlig dygnsvariation som i stort följer trafikrytmen. Halterna var i genomsnitt ca 5% högre i tunnelluften jämfört med inkommande ventilationsluft.

Baserat på dessa mätningar uppskattas länets totala utsläpp till ca 130 ton N_2O per år. Detta motsvara drygt hälften av utsläppen i samband med förbränning av eldningsolja i länet. Bidraget till växthuseffekten är emellertid litet; dagens personbilspark i Stockholm står för endast ca 4% av den växthuseffekt som koldioxidutsläppen från personbilarna ger upphov till. Om alla personbilar var utrustade med katalysatorer idag skulle bidraget vara ca 8%.

Dessutom konstateras att minskade utsläpp av kväveoxider (NO och NO_2), kolväten och kolmonoxid till följd av en ökande andel katalysatorbilar, till stor del balanserar den ökade växthuseffekten av ökade N_2O-utsläpp. De indirekta effekterna utgörs av dels en minskad bildning av marknära ozon, dels en minskad produktion av N_2O i marken till följd av minskad kvävedeposition.

Inledning

Sedan 1991 genomför Miljöförvaltningen årligen mätningar av luftföroreningshalterna i Klaratunneln i centrala Stockholm. Syftet är att klarlägga om det sker någon minskning av utsläppen av framförallt kväveoxider från personbilstrafiken i Stockholm. En sådan minskning är förväntad beroende på dels en ökad användning av katalytisk avgasrening och nya avgaskrav på lastbilar och bussar, dels en minskad bränsleförbrukning i nyare fordon. Mätningarna är avsedda att ligga till grund för bedömningar av effekterna på luftföroreningshalterna av nationella och kommunala åtgärder för att begränsa trafikens utsläpp.

En ökande användning av katalysatorer i bilar förväntas dock ge upphov till en ökning av utsläppen av dikväveoxid (N_2O). Exakt hur stora utsläppen av N_2O blir har varit svårt att uppskatta p g a bristande kunskap. I syfte att klarlägga utsläppen av N_2O från dagens bilpark och även uppskatta det framtida bidraget genomfördes mätningar i Klaratunneln under våren 1992. Projektet var ett samarbete med Max-Planck-Institutet i Mainz (Tyskland). Två forskare från MPI analyserade halterna av dikväveoxid, metan (CH_4) och aldehyder i tunnelluften. Dikväveoxidmätningarna har nu redovisats och de resultat av dikväveoxidanalyserna som presenteras här bygger på ett manus av Berges m fl., "Measurements of nitrous oxide emissions from motor vehicles in tunnels", insänt för publikation i den vetenskapliga tidskriften Journal of Geophysical Research, 1993.

Dikväveoxid även kallad "lustgas", har betydligt längre livstid i atmosfären jämfört med de "vanliga" kväveoxider (NO och NO_2) som man normalt förknippar med utsläpp från trafiken. Halterna av N_2O i ren luft ligger normalt runt 310 ppb (1 ppb=1 miljarddel; 10^{-9} liter per liter luft), vilket är ca 100 gånger högre jämfört med halterna av vanliga kväveoxider. Genom sina kemiska och fysikaliska egenskaper har dikväveoxid mycket lång livstid i atmosfären och bidrar till växthuseffekten samt påverkar även ozonskiktet. Dikväveoxid står idag för ca 6% av den totala växthuseffekten på jorden.

De globala medelhalterna av dikväveoxid ökar idag med cirka 0.3% per år. Ökningen förorsakas av mänskliga aktiviteter såsom exempelvis förbränning av kol, olja och biomassa samt användning av gödningsmedel i jordbruket (Rodhe och Johansson, 1989). Under de senaste åren har oron ökat för att utsläppen av dikväveoxid i framtiden kommer att öka till följd av ökade utsläpp från motorfordon utrustade med katalytisk avgasrening. Hittills gjorda uppskattningar tyder dock på ett relativt litet bidrag från utsläpp via katalysatorer jämfört med andra utsläpp. Enligt Cooper (1992) står vägtrafiken i Sverige för knappt 10% av de svenska N_2O-utsläppen. Uppskattningarna är emellertid mycket osäkra och baseras på ett fåtal undersökningar av utsläppen från katalysatorförsedda fordon. De flesta studierna är genomförda i testlaboratorier och spridningen mellan uppmätta emissioner är stor. Enligt en sammanställning av Statens Väg- och trafikinstitut (Perby, 1990), beräknas de katalysatorförsedda bilarna ge 4.5 respektive 10 - 16 gånger högre emissioner jämfört med icke-katalyserade fordon vid landsvägskörning respektive körning i tätort.

Resultaten från mätningarna av dikväveoxid i Klaratunneln utgör en av de första studierna av utsläppen från motorfordon under verkliga förhållanden (dvs fordon under normal drift).

Mätplatsbeskrivning och mätmetoder

Mätningarna genomfördes i Klaratunneln mellan den 22 april och 6 maj 1992. Tunneln är ca 500 m lång och är avsedd endast för personbilar, lätta lastbilar och små bussar. Hastigheten varierade mellan 0 och 70 km/h. Tunneln består av två rör med två filer i vardera. Instrumenten var placerade i mätvagnar mitt emellan rören för den nordgående och sydgående trafiken (nära ut/infarten vid Sveavägen). Tunneln ventileras under rusningstid genom s k tvärventilation.

Halterna mättes kontinuerligt på tre platser. Luften pumpades till instrumenten via teflonslangar försedda med partikelfilter vid insugspunkten. Luftintaget satt ca 3m över gatuplanet, ca 30 m in i tunneln från mynningen. Dessutom analyserades halterna av luftföroreningar i tilluftssystemet. Halten i denna luft utgjorde referens för att beräkna tillskottet från trafiken i tunneln.

Utöver mätningarna i Klaratunneln redovisas även mätningar av dikväveoxid och koldioxid i Elbtunneln i Hamburg [1]. Elbtunneln består av tre tunnelrör och är 2653 m lång. Den trafikeras av ca 70-100 tusen fordon per dygn, inklusive lastbilar och bussar. Fordonstyp och hastighet registreras kontinuerligt. Hastigheterna ligger mellan 70 och 110 km/h utom under vissa perioder då köer kan förekomma.

En detaljerad beskrivning av mätmetoderna för N_2O, CH_4 och CO_2 ges av Berges m fl. (1993). Dikväveoxid analyserades med en gaskromatograf utrustad med en s. k. elektron capture detektor. Luftproverna injicerades automatiskt inom en minut efter insamlandet för att undvika eventuell artificiell N_2O produktion.

Koldioxid analyserades kontinuerligt med hjälp av ett instrument baserat på IR-absorbtion.

NO och NO_2 mättes kontinuerligt med konventionella s k kemiluminescensinstrument. Kvävedioxid konverteras till NO med hjälp av en Molybdenkonverter. Instrumentet kalibrerades automatiskt en gång per dygn.

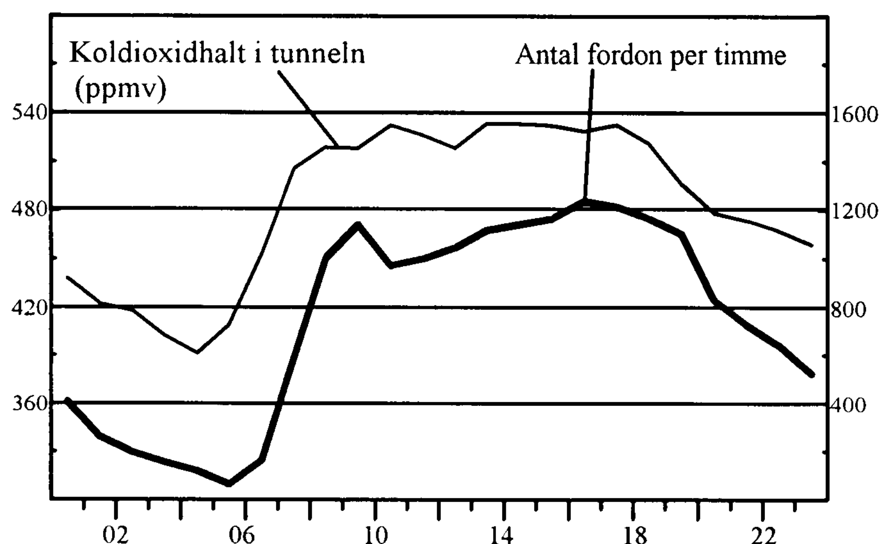
Resultat

Trafikflöden och halter i tunnelluften

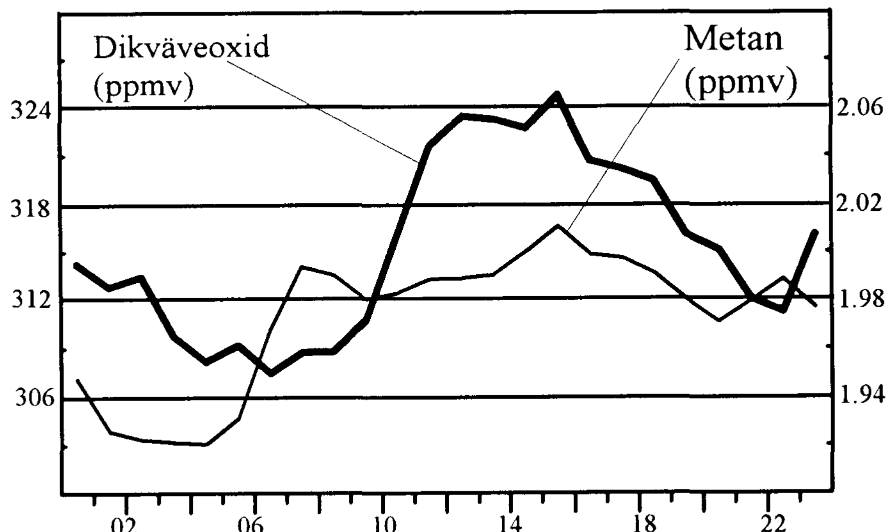
Figur 1 visar hur trafikflödet och koldioxidhalten i Klaratunneln varierar under dygnet. Kurvorna representerar den genomsnittliga variationen under mätperioden 20 april till 5 maj. Under trafiktopparna passerar ca 1200 personbilar per timme i vardera riktningen. Av figuren framgår att CO_2-halterna uppvisar ett tydligt dygnsmönster som i stort sett avspeglar trafikrytmen i tunnlarna. I genomsnitt för mätperioden orsakade trafiken 30% högre halter av CO_2 i Klaratunneln jämfört med halten i tilluftssystemet.

Figur 2 visar motsvarande dygnsvariationer i halterna av NO och NO_2. De genomsnittliga NO halterna varierar mellan 300 och knappt 1600 µg/m³. Under enstaka timmar är variationerna betydligt större. Den maximala halten kvävemonoxid som noterades under perioden var ca 2500 µg/m³ (räknat som timmedelvärde).

Endast en liten del av utsläppen från trafiken utgörs av NO_2. Under dagtid var den genomsnittliga andelen NO_2 mellan 3% och 8% av den totala NO_x halten (räknat som NO_2). Andelen är störst under nattetid då halterna av NO_x är som lägst. I genomsnitt var NO_2-halterna mindre än 90 µg/m3, vilket är klart under det gränsvärde på 400 µg/m³ som antagits för de planerade nya tunnlarna i Stockholm (Österleden samt Norra och Södra länken). Det högsta timmedelvärdet som noterades i Klaratunneln under perioden var ca 170 µg/m³.



Figur 1. Trafikflöden (antal fordon per timme) samt de genomsnittliga halterna av CO_2 under dygnet i Klaratunneln (april - maj, 1992).



Figur 2. Dygnets genomsnittliga halter av NO och NO_2 i Klaratunneln under april - maj, 1992. Data representerar medelvärden för de båda tunnelkanalerna.

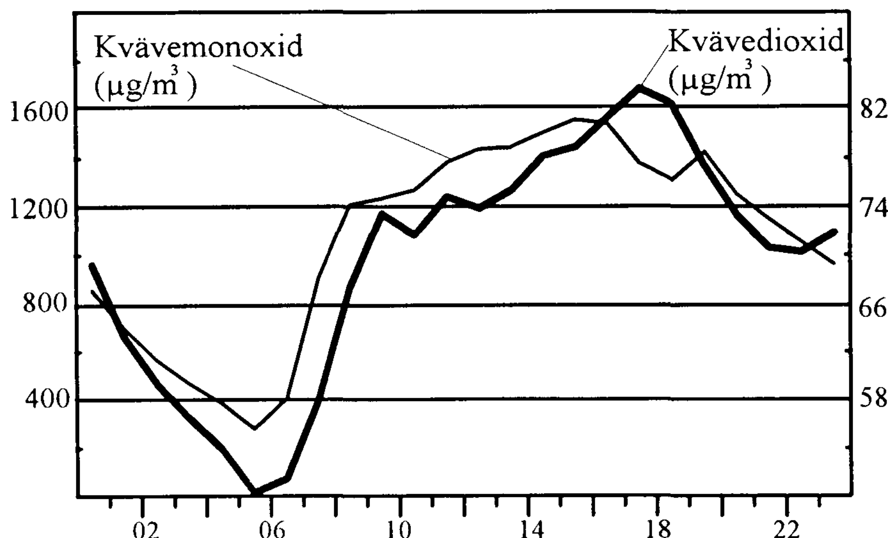
Även dikväveoxidhalterna och metanhalterna uppvisade tydliga dygnsmönster (se figur 3, nedan). De relativa förändringarna i halterna är dock inte så stora p g a att bakgrundshalterna är höga (även i ren luft). Halterna av N_2O ökade med ca 5% i tunnlarna från ca 310 ppb, vilket motsvarar bakgrundsluftens N_2O-halt till ca 325 ppb. För metan var motsvarande ökning 3%.

Emissionskvoten N_2O/CO_2

Huvudsyftet med mätningarna av N_2O var att uppskatta emissionen av N_2O från motorfordon. För att kunna göra detta beräknas kvoten mellan den del av N_2O halten i tunneln som trafiken ger upphov till och den del av CO_2 halten som trafiken ger upphov till:

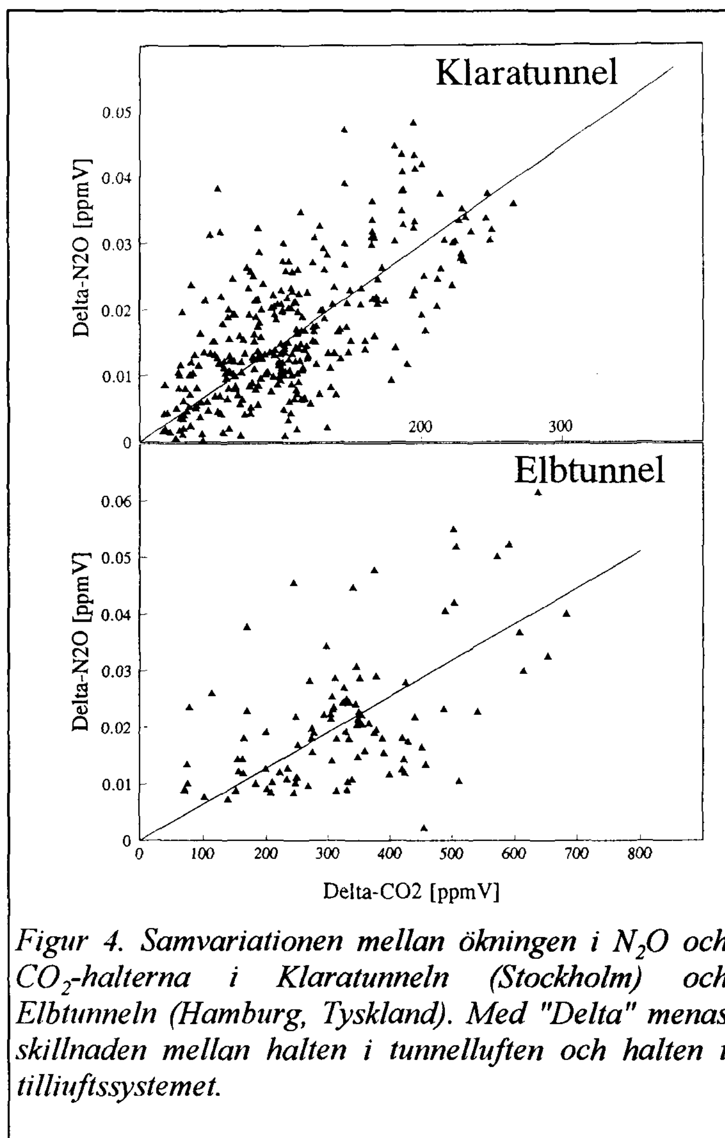
$$\gamma N_2O = \frac{\mu N_2O_{tun} - \mu N_2O_{ref}}{\mu CO_{2tun} - \mu CO_{2ref}} = \frac{\delta N_2O}{\delta CO_2}$$

I denna ekvation är γN_2O approximativt lika med kvoten mellan emissionerna av N_2O och CO_2 från trafiken i tunneln. μN_2O_{tun} och μN_2O_{ref} samt $\mu CO_{2,tun}$ och $\mu CO_{2,ref}$ representerar halterna av N_2O och CO_2 i tunnelluften respektive i ventilationsluften.



Figur 3. Genomsnittliga halter av dikväveoxid och metan i Klaratunneln under april - maj, 1992.

Figur 4 visar att δN_2O och δCO_2 uppvisar en relativt god samvariation. Korrelationskoefficienten är 0.66 och medelvärdet av emissionskvoten (γ N_2O) i Klaratunneln är $1.5 \pm 0.65 \cdot 10^{-4}$. För mätningarna från motsvarande studie i Elbtunneln (Hamburg) var korrelationskoefficienten 0.47 och medelvärdet av emissionskvoten något lägre; $0.7 \pm 0.4 \cdot 10^{-4}$.



Figur 4. Samvariationen mellan ökningen i N_2O och CO_2-halterna i Klaratunneln (Stockholm) och Elbtunneln (Hamburg, Tyskland). Med "Delta" menas skillnaden mellan halten i tunnelluften och halten i tilluftssystemet.

Skillnaden i emissionskvot mellan Klaratunneln och Elbtunneln hänger förmodligen delvis samman med att den svenska bilparken har en större andel bilar med katalytisk avgasrening; 33% jämfört med 22% i Västtyskland (se Berges m fl, 1993).

Dessutom svarar lastbilarna i Elbtunneln för ca 13% av fordonsflödet och bidrar därmed till att sänka andelen N_2O i tunnelluften. Lastbilarna har betydligt högre bränsleförbrukning och därmed högre CO_2 emission jämfört med personbilarna. Detta avspeglar sig tydligt i medelvärdet av CO_2-halten i Elbtunneln (667 ppm).

Emissionen av N_2O från katalysatorförsedda fordon i Stockholms län

Med utgångspunkt från Klaratunnelmätningarna kan det vara intressant att beräkna ökningen av den totala emissionen av N_2O p.g.a. att allt fler fordon utrustas med katalysatorer. För detta ändamål utnyttjas följande uttryck (jfr Berges m fl. 1993):

$$E_{N_2O} = \gamma N_2O \cdot M \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot \frac{M_{N_2}}{M_C}$$

där

γN_2O är kvoten mellan emitterad N_2O och emitterad CO_2

M är den totala mängden bensin som sålts i Sverige eller i länet

f_1 andelen bensin som förbränns i personbilar (0.90)

f_2 andelen kol i bensinen (0.855) f3 korrektion för ofullständig förbrän ning (0.935)

M_{N_2} molvikten för kväve i N_2O (28)

M_C molvikten för kol (12)

Idag utgör ca 33% av personbilsparken i Sverige fordon med katalysator. I Klaratunneln i Stockholm kan man dock förvänta sig att en något större andel av trafikarbetet görs av fordon med katalysator. Om man antar att hälften av fordonsflödet under mätperioden utgjordes av katalysatorförsedda bilar får man en emissionskvot för dessa på ca $3 \cdot 10^{-4}$. Under 1991 var den totalt levererade mängden bensin i

Stockholms län var 951 000 m^3 (Statistiska Centralbyrån). Om hälften av denna bensinmängd förbrukas av fordon med katalysator ger detta en emission av N_2O på ca 130 ton N_2O-N per år. Icke-katalyserade bilar uppskattas emittera ca 10% vad katalysatorförsedda bilar emitterar.

Denna siffra kan sättas i relation till N_2O-utsläppen i samband med oljeförbränningen i länet. År 1991 förbrukades totalt ca 610 000 m^3 eldningsolja i länet (enligt uppgift från Statistiska Centralbyrån). Om man antar en emissionsfaktor på 10 mg N_2O/MJ och 42 000 MJ/ton olja (Rodhe och Johansson, 1989), erhålls en emission av ca 230 ton N_2O-N/år, vilket är knappt dubbelt så mycket som utsläppen från personbilar utrustade med katalysator. Det bör påpekas att denna siffra är osäker. Exempelvis varierar de rapporterade emissionsfaktorerna för oljeeldade anläggningar mycket kraftigt (0.5 till 20 mg N_2O/MJ; se Rodhe och Johansson, 1989).

Andra antropogena källor med betydande N_2O utsläpp är förbränning av kol och biomassa samt avgång från mark på grund av bakteriella processer. Markavgången ökar då tillförseln av kväve till marken ökar, dels i samband med spridning av kvävehaltiga gödselmedel, dels p g a ökat kvävenedfall.

Påverkan på växthuseffekten

Växthuseffekten av en molekyl N_2O är ca 250 gånger kraftigare jämfört med CO_2 vid dagens halter. Trots detta beräknas dagens samlade N_2O mängd i lufthavet bidraga med mindre än 10% till den samlade växthuseffekten på jorden (Naturvårdsverket, 1989). I Klaratunneln uppmättes som nämnts ovan, en kvot mellan N_2O och CO_2 på $1.5 \cdot 10^{-4}$. Detta skulle betyda att växthuseffekten av N_2O-utsläppen från dagens personbilspark i Stockholm står för endast ca 4% av den växthuseffekt som CO_2-utsläppen ger upphov till. Om alla personbilar var utrustade med katalysatorer idag skulle denna siffra vara ca 8%. Detta ligger väl i linje med de beräkningar som presenterats av Perby (1990).

När det gäller utsläppen från motorfordon utrustade med katalysator skall naturligtvis nackdelen med en ökad N_2O emission vägas mot fördelen att katalysatorerna ger lägre utsläpp av NO_x, kolväten och CO. Den minskade NO_x emissionen bidrar indirekt till en minskad avgång av N_2O från marken (tack vare minskad kvävedeposition). Exakt hur mycket detta betyder för länets samlade N_2O utsläpp beror på hur stor del av kväveoxidutsläppen som deponeras i länet och hur stor andel av det deponerade kvävet som leder till N_2O produktion i marken. Om man för enkelhetens skull räknar med att all kväveoxid från trafiken som släpps ut i länet, oavsett var den deponeras ger ett bidrag till

Tabell 1. *Sammanfattning av mätningarna av CO_2 och N_2O i Klaratunneln (Stockholm) och i Elbtunneln (Hamburg). γN_2O representerar emissionskvoten mellan N_2O och CO_2. [från Berges m fl., 1993].*

	Klaratunneln (Stockholm)			Elbtunneln (Hamburg)		
	Medelvärde	Standard-avvikelse	Intervall	Medelvärde	Standard-avvikelse	Intervall
$\mu CO_{2,ref}$ (ppmv)	373	12	354-416	366	9	352-405
$\mu CO_{2,tun}$ (ppmv)	480	66	367-717	667	151	373-1139
μN_2O_{ref} (ppbv)	308	3	303-318	309	9	303-347
μN_2O_{tun} (ppbv)	324	1	303-367	328	13	303-373
γN_2O_a (10^{-4})	1.5	0.65	0.12-3.8	0.7	0.4	0.2-2.7

lustgasemissionen samt vidare antar att mellan 0.1% och 1% av det deponerade kvävet (framförallt i form av kvävedioxid) avgår till luften i form av N_2O och slutligen att 2 respektive 0.4 g NO_X per km avgår från fordon utan katalysator resp. med katalysator, erhålls en minskning av N_2O-utsläppen p g a minskade NO_X utsläpp på mellan 3 och 30 ton N_2O. D v s N_2O-utsläppen på 130 ton som redovisats ovan skall minskas med upp till 20% p g a en minskad indirekt emission av N_2O från marken (till följd av minskad NO_X deposition).

Inte bara N_2O och CO_2 som påverkar växthuseffekten

Nu är det emellertid inte bara trafikens utsläpp av N_2O och CO_2 som har effekt på klimatet. Trafikens utsläpp av de "vanliga" kväveoxiderna (NO och NO_2), kolväten och CO har en indirekt påverkan på växthuseffekten genom att de leder till bildning av marknära ozon. Eftersom utsläppen av kväveoxider, kolväten och kolmonoxid är betydligt lägre från fordon med katalysator jämfört med icke-katalyserade, kommer den samlade växthuseffekten p g a förbränning av motorbensin att bli avsevärt mindre. Exakt hur mycket mindre ozon som kommer att produceras är dock mycket svårt att uppskatta.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att resultaten visat att N_2O-utsläppen från dagens personbilspark, med en större andel katalysatorförsedda fordon, totalt sett inte ger upphov till någon dramatiskt ökad växthuseffekt. De helt dominerande växthusgasutsläppen från personbilar sker i form av koldioxid.

Litteraturreferenser

Berges, M. G. M., Hoffman, R. M., Scharffe, D. and Crutzen, P. C., 1993. Measurements of nitrous oxide emissons from motor vehicles in tunnels. Manus insänt för publikation i Journal of Geophysical Research.

Cooper, D. Sampling and analysis of N_2O. Sammanställning av seminarierapporter: Sampling and analysis of unregulated automotive emissions. Närings och tekninkutvecklingsverket (NUTEK proj nr 5623-91-56507), Stockholm, 1993.

Naturvårdsverket, Växthuseffekten. Orsak, effekter och möjliga åtgärder. Solna, 1989.

Perby, H. Lustgasemission från vägtrafik. Preliminära emissionsfaktorer och budgetberäkningar. Statens Väg- och Trafikinstitut, VTI-meddelande 629, 581 01 Linköping, 1990.

Rodhe, H. och Johansson, C. Inverkan av antropogena aktiviteter på den globala N_2O-balansen. Naturvårdsverket, rapport nr. 3568, Solna, 1989.

Slb·analys

Stockholms Luft- och Bulleranalys

är en resultatenhet inom miljöförvaltningen i Stockholm.
Slb-analys:

- utreder
- mäter
- beräknar
- informerar

med avseende på ljudmiljö och luftkvalitet både utomhus och inomhus. Slb-analys genomför uppdrag inom dessa områden såväl lokalt (i tätorter) som regionalt (i länet).

I SERIEN HAR FÖLJANDE RAPPORTER PUBLICERATS:

Luftföroreningar på Svenska Högarna och Landsort. Stockholmsregionens inverkan på omgivningen. Nr 1:93

Partikelbundna luftföroreningar i sydöstra Sverige. Stockholmsregionens inverkan på omgivningen. Nr 2:93

Katalytisk avgasrening — inverkan på utsläpp av N_2O. Luftföroreningsmätningar i Klaratunneln. Nr 3:93

Miljöförvaltningen i Stockholm
Rosenlundsgatan 60. Box 38024, 100 64 Stockholm
Tel 08 - 616 96 00, direkt Slb-analys 08 - 616 96 97